PHYSIOLOGIE DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE

I- INTRODUCTION :

La fonction principale du tissu musculaire est la contraction.

Le tissu musculaire est formé de cellules qui, en raison de leur forme allongée, sont appelées fibres. Il existe trois types de fibre musculaire :

--->la fibre musculaire striée squelettique (muscles du corps: biceps, deltoïde), dont la contraction produit un déplacement et une tension.

--->la fibre musculaire lisse (paroi des viscères, des vaisseaux sanguins), dont la contraction permet le déplacement des fluides, les mouvements de l'œil, le battement des cils bronchiques,

--->la fibre musculaire cardiaque (cœur), dont la contraction permet une augmentation des pressions intra-cavitaires.

Les mécanismes de contraction de ces trois types de fibre musculaire sont voisins.

II/-GENERALITES SUR LE MUSCLE STRIE SQUELETTIQUE:

Le corps humain compte environ 650 muscles (nombre variable en fonction des classifications). Leur forme est très variable :

-muscles longs (membres),

-muscles plats (tronc),

-muscles courts (intercostaux),

-muscles annulaires (autour de la bouche).

Le muscle strié squelettique représente 40 % de la masse corporelle.

Au repos, 25 % de la dépense énergétique de base correspond au muscle strié squelettique. En exercice, la dépense énergétique musculaire peut être multipliée par 50.

Le mouvement humain s'effectue grâce à la transformation d'énergie chimique (glucides, lipides et protides):

-en énergie mécanique (25 %),

-en énergie thermique (75 %).

La contraction musculaire aboutit à une force.

-S'il y a déplacement, le mouvement est un travail musculaire.

-S'il n'y a pas déplacement, la tension est un tonus musculaire.

Le muscle possède plusieurs propriétés:

-C'est un organe excitable, soit de façon interne par un influx nerveux, soit de façon externe par une excitation électrique.

-C'est un organe élastique: il peut être étiré et revenir à sa position de repos.

-C'est un organe contractile: il peut se raccourcir.

-C'est un organe thermogénique: il produit de la chaleur tant au repos que pendant la contraction.

-C'est un organe de réserve énergétique: l'adénosine triphosphate (ATP), et la créatine phosphate (CP) (énergie de la contraction); le glycogène (réserve, stockage de glucose); le dioxygène (sous forme de myoglobine).

Le tissu musculaire squelettique se présente sous forme de muscles qui recouvrent le squelette osseux et s’est attachent grâce à des tendons qui sont constitués essentiellement par du tissu conjonctif fibreux, élastique et solide.

III- STRUCTURE DU MUSCLE SQUELETTIQUE :

Le tissu d’un muscle est constitué de fibres musculaires (ou myocytes). Les fibres elles-mêmes se composent de myofibrilles, qui se composent à leur tour de myofilaments.

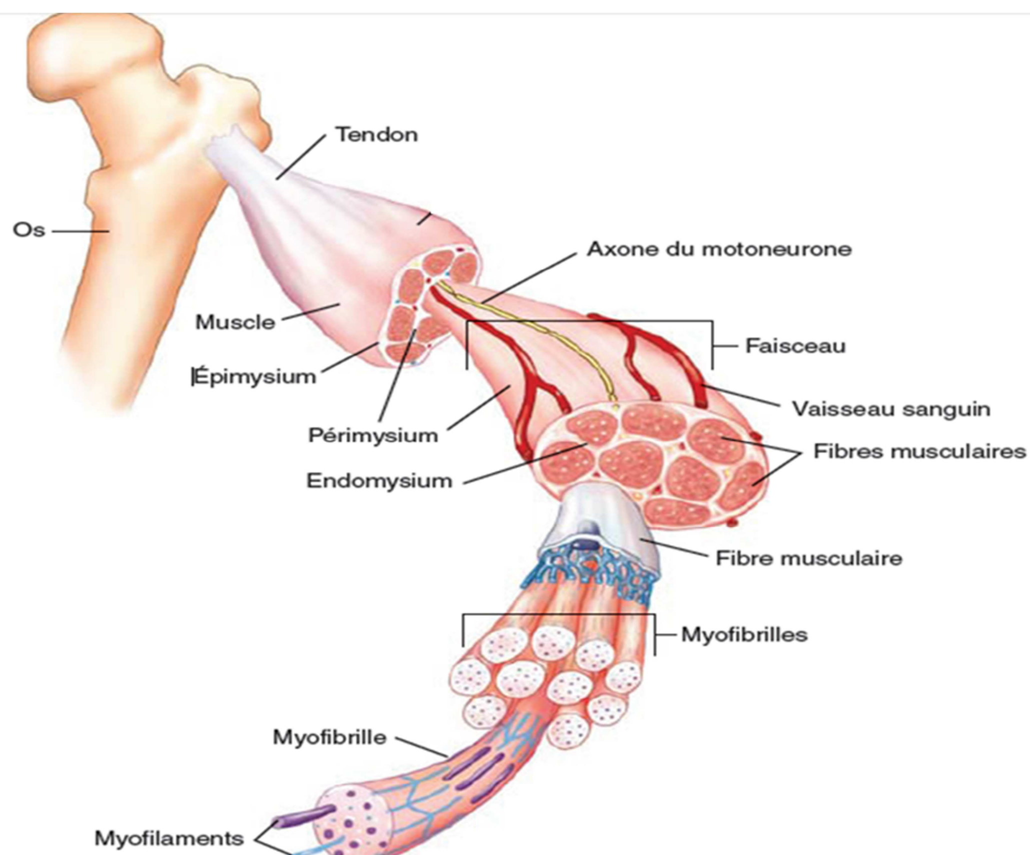
Ces filaments sont de deux types : les uns, fins, sont faits d'actine ; les autres, épais, sont composés de myosine.

C'est grâce à leur interaction que la contraction musculaire s'effectue et permet de fournir un travail mécanique.

<u>A- Anatomie macroscopique:</u> le muscle squelettique est recouvert par un tissu conjonctif, constitué par:

-Fascia superficiel ou hypoderme : sépare le muscle de la peau, offre un passage aux nerfs ainsi qu'aux vaisseaux sanguins et lymphatiques qui entrent dans le muscle et en sortent

-Fascia profond: protège et renforce le muscle squelettique constitué de 3 couches: épimysium, le périmysium et d'endomysium.



<u>B- Anatomie microscopique:</u> l'unité structurale et fonctionnelle du muscle squelettique est la fibre musculaire (myocyte), chez un adulte leur diamètre

varie entre 10-100 µm et leur longueur est d'environ 10 cm bien qu'elle atteigne dans certains cas 30 cm.

La fibre musculaire comprend:

---> Sarcolemme = la membrane d'une fibre musculaire. elle possède des récepteurs de neurotransmetteurs et d'hormones qui régulent les contractions musculaires.

Le sarcolemme présente en de nombreux endroits des invaginations verticales en direction des myofibrilles; ce sont des tubules transverses ou système T.

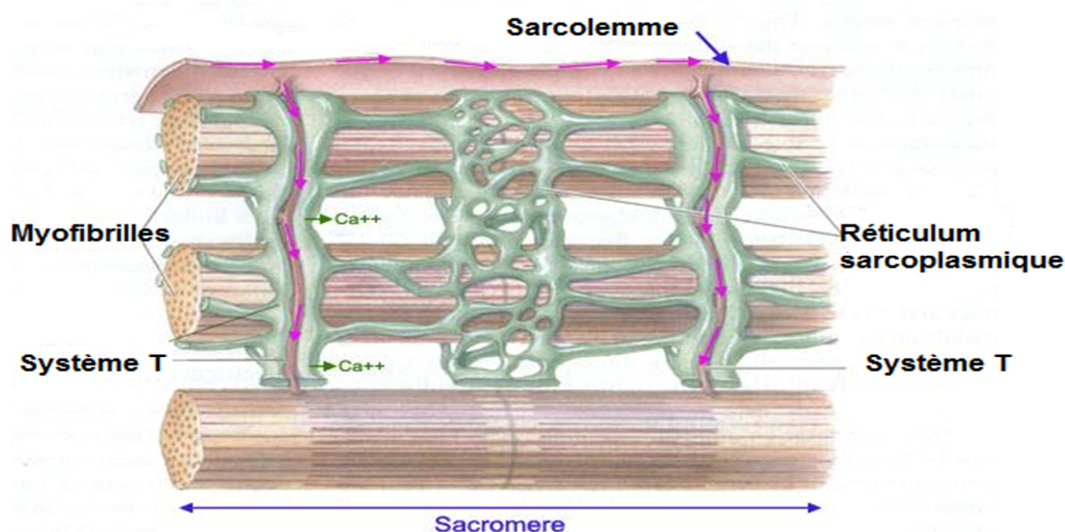
---> Sarcoplasme = le cytoplasme d'une fibre musculaire. Il abrite des réserves de glycogène ainsi que de la myoglobine, protéine qui se lie à l'oxygène et qui n'existe nulle part ailleurs.

---> Myofibrilles: Chaque fibre musculaire comporte un grand nombre de myofibrilles parallèles qui parcourent toute la longueur de la cellule.

Les myofibrilles représentent les éléments contractiles des cellules des muscles squelettiques, et chaque myofibrille comprend elle-même une chaîne d'unités contractiles adjacentes encore plus petites nommées sarcomères.

---> Le réticulum sarcoplasmique: (réservoir de Ca2+) est formé de tubules longitudinaux, dont les extrémités portent des vésicules (citernes) terminales.

La liaison de ces vésicules avec le système T constitue une triade.



Sur la longueur de chaque myofibrille, on remarque une alternance de bandes **foncées** et **claires**.

Les bandes foncées sont appelées **bandes A** parce qu'elles sont anisotropes, c'est-à-dire qu'elles polarisent la lumière visible.

Les bandes claires nommées **bandes I**, sont isotropes, ou non polarisantes.

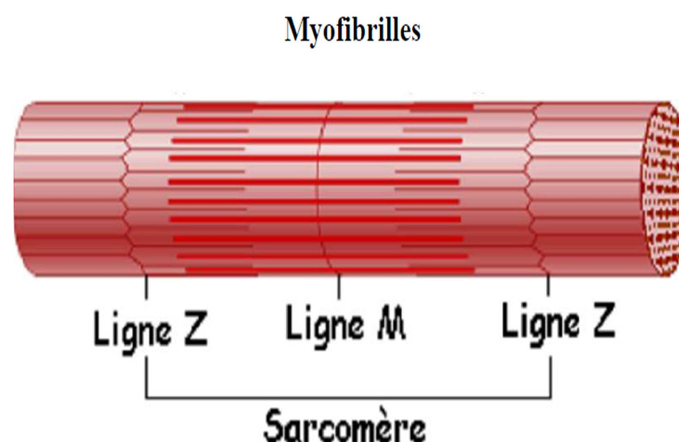
Dans une fibre musculaire intacte, les bandes des myofibrilles sont presque parfaitement alignées et se poursuivent sur toute la largeur de la cellule; c'est pour cette raison que l'ensemble de la cellule paraît strié.

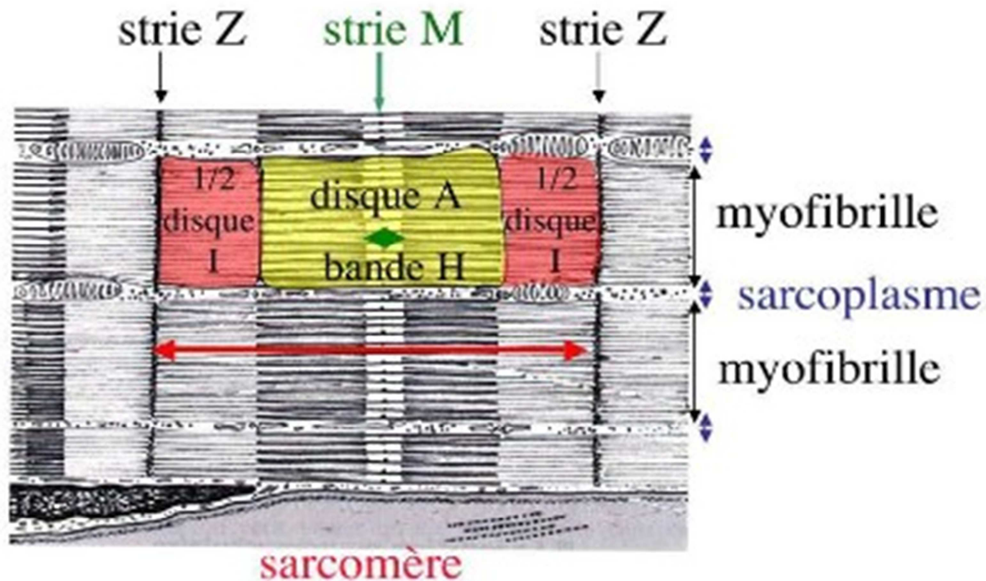
Au milieu des bandes I, on remarque également une zone plus foncée que l'on nomme **strie Z**.

Au niveau moléculaire, on constate que les stries des myofibrilles sont formées par la disposition ordonnée de deux types de filaments de protéines, ou myofilaments, à l'intérieur des sarcomères.

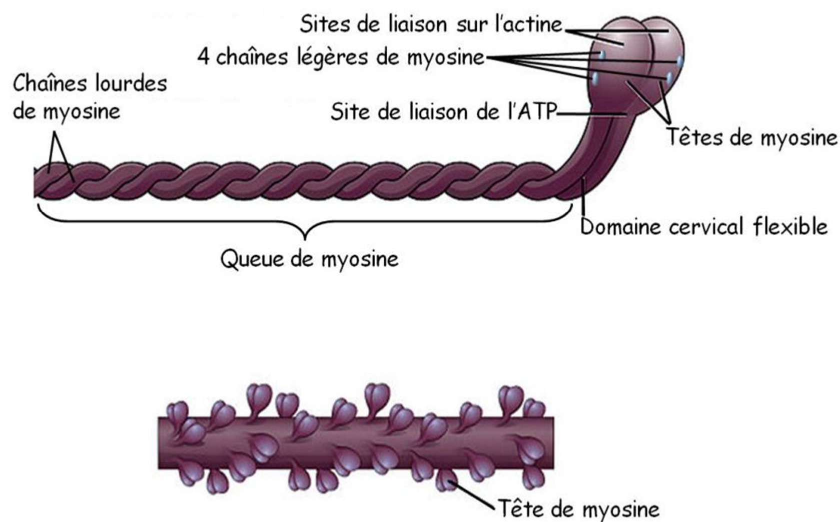
Les filaments épais parcourent toute la longueur de la bande A appelés filament de **Myosine**.

Les filaments minces enrobent les filaments épais et s'étendent le long de la bande I et d'une partie de la bande A appelés filament d'**Actine**.





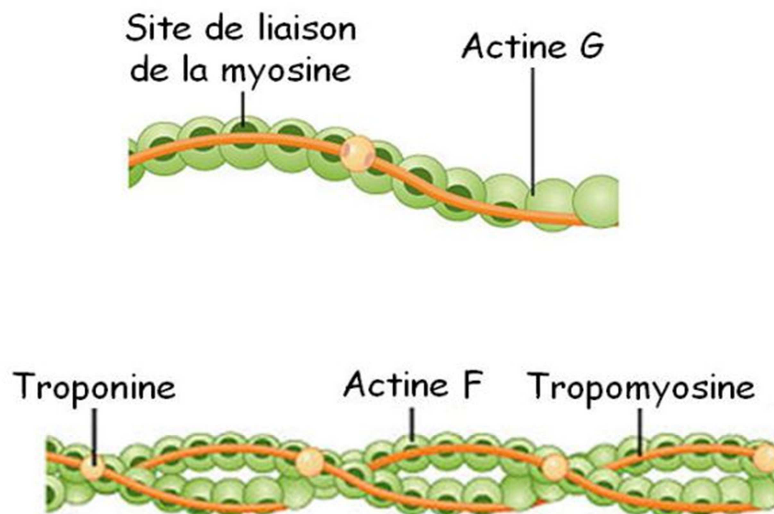
-Le filament de myosine: consiste en un paquet d'environ 300 molécules de **myosine II** ; chaque molécule possède 2 têtes globulaires reliées par la partie cervicale à la partie caudale (2 hélices torsadées).



-Le filament d'actine: c'est une protéine globulaire (**actine G**); l'enchainement de 4000 molécules de celle- ci en collier de perles forme **l'actine F**.

En réalité l'enroulement de 2 protofilaments d'actine F constitue le filament d'actine.

Sur le filament d'actine vient s'enrouler des molécules de **tropomyosine** (structure identique à l'actine) et, tous les 40nm environ vient se fixer la troponine qui est composée de 3 sous unités: **T N C**, **T N I** et **T N T**.

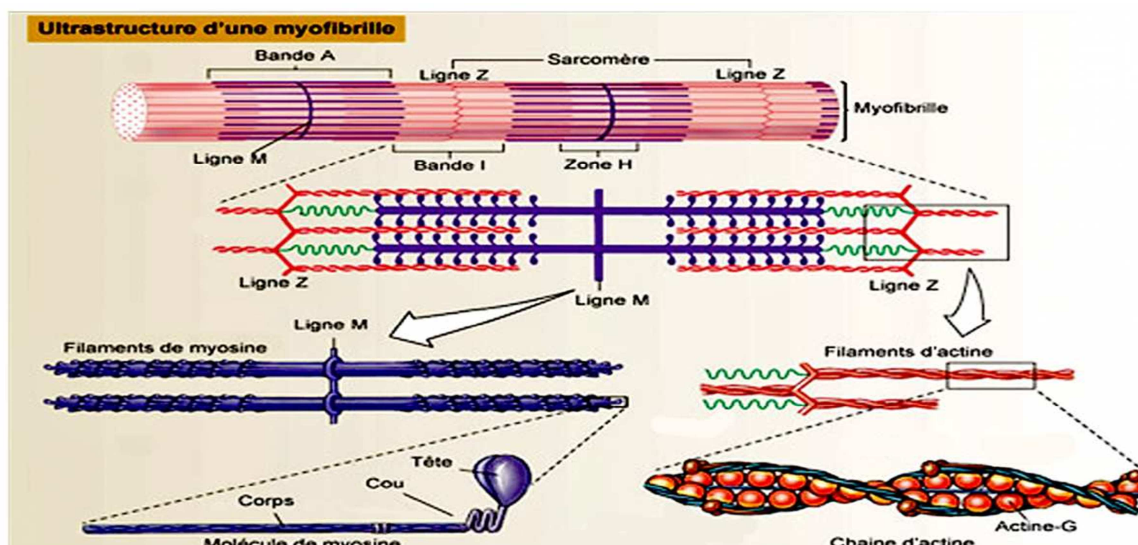


-TNI: empêche au repos le glissement des filaments, en inhibant l'activité ATPasique de la myosine II.

-TNC: possède 4 sites de liaison pour le Ca2+ qui lorsqu'ils sont occupés lèvent l'action de la TNI.

-TNT: qui interagit avec la TNC, TNI et l'actine, elle est responsable de la liaison troponine-tropomyosine.

Au repos, les molécules de tropomyosines masquent les sites de liaison de l'actine avec la myosine.



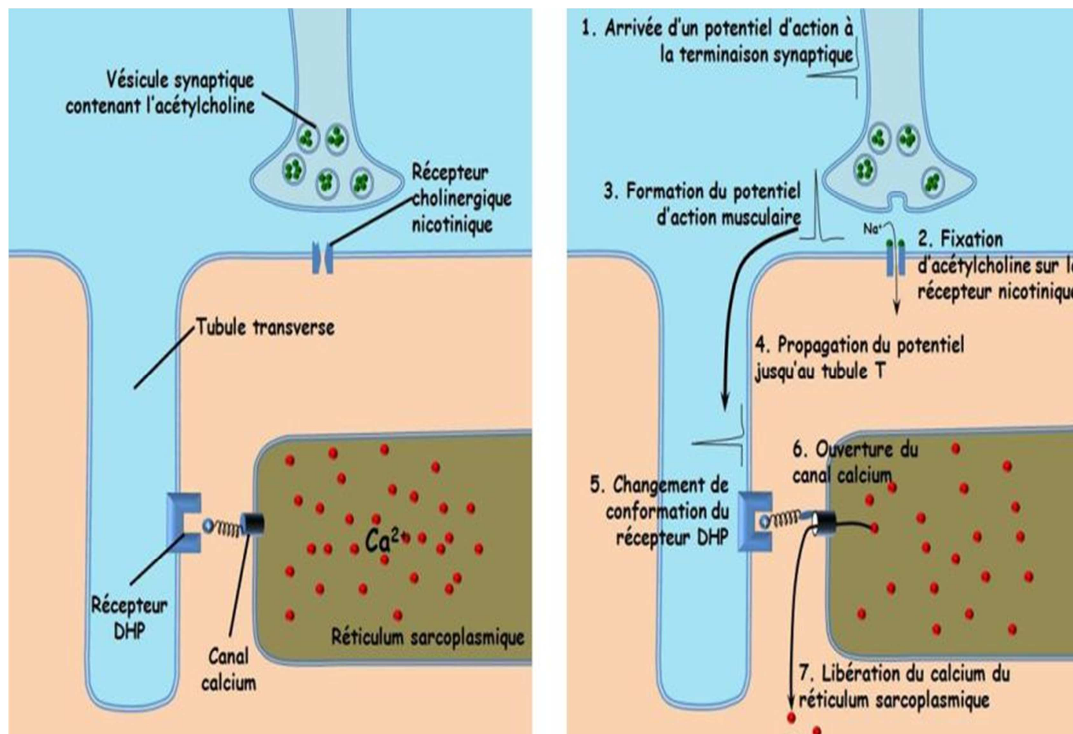
IV. CONTRACTION DE LA FIBRE MUSCULAIRE:

a/ excitation de la fibre musculaire:

Lorsque l'ACH est libérée au niveau de la plaque motrice, elle active l'ouverture des canaux sodiques; le PA qui en résulte pénètre dans la profondeur des fibres par le système T.

b/ libération de Ca2+ dans le cytosol:

Au voisinage des triades, l'excitation des récepteurs à la dihydropyridine (RDHP) entraine l'ouverture des récepteurs à la ryanodine (RYR1) du réticulum sarcoplasmique d'où le courant entrant du Ca2+ dans le cytosol.



c/ glissement des filaments:

-La saturation des sites de Ca2+ de la TNC:

Supprime l'effet inhibiteur de la tropomyosine sur la fixation de la myosine sur l'actine.

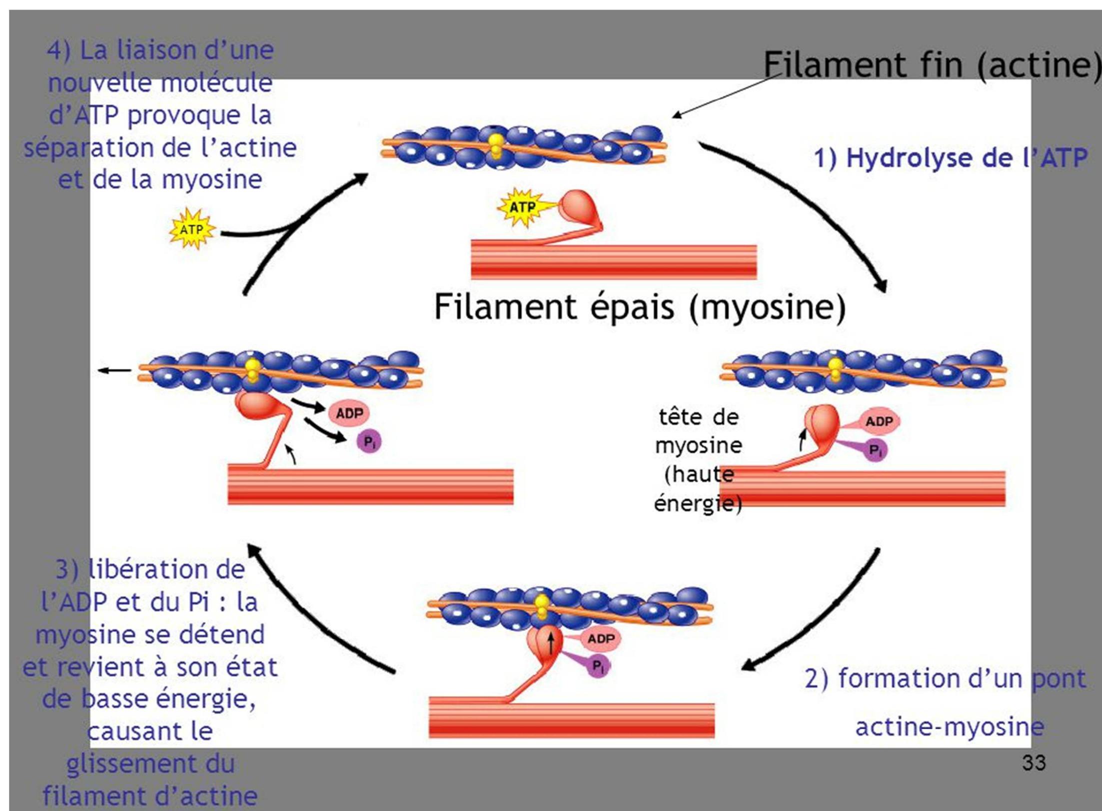
Permet à l'actine d'activer l'ATPase de la myosine;

-Il s'ensuit un détachement de Pi et d'ADP et le pivotement des têtes de myosine (formation d'un angle de 45º) ce qui provoque le glissement du filament de myosine sur celui d'actine.

Pendant le glissement, les disques Z se rapprochent les uns des autres, la bande I et la zone H deviennent plus courtes, mais la longueur des filaments et celle de la bande A restent inchangées.

Lorsque la cellule n'est plus activée, le récepteur DHP reprend sa configuration initiale et le calcium est repompé dans le réticulum sarcoplasmique par une pompe calcique.

La concentration de calcium intracellulaire diminuant, il se libère de la troponine C qui reprend alors sa configuration d'origine, entraînant avec elle la molécule de tropomyosine qui vient alors masquer les sites de fixation de l'actine pour la myosine; on assiste alors à la relaxation de la cellule.



Il faut noter que la liaison d'une molécule d'ATP sur la tête de myosine entraine une dissociation de la liaison Actine-myosine.

En absence d'ATP, le muscle reste contracté; ce phénomène est observé après la mort, on parle de «rigidité cadavérique».